

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/000872

International filing date: 24 January 2005 (24.01.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2004-017223  
Filing date: 26 January 2004 (26.01.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 17 March 2005 (17.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

25. 1. 2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 4 年   1 月 2 6 日  
Date of Application:

出 願 番 号            特 願 2 0 0 4 - 0 1 7 2 2 3  
Application Number:  
[ST. 10/C] :            [ J P 2 0 0 4 - 0 1 7 2 2 3 ]

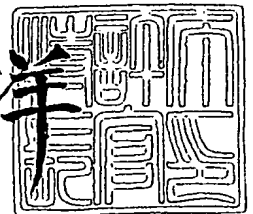
出      願      人            三 菱 電 機 株 式 会 社  
Applicant(s):



2 0 0 5 年   3 月   3 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川 洋



【書類名】 特許願  
【整理番号】 548673JP01  
【提出日】 平成16年 1月26日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 B23H 1/02  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社内  
    【氏名】 三木 伸介  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社内  
    【氏名】 加藤木 英隆  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000006013  
    【氏名又は名称】 三菱電機株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100066474  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 田澤 博昭  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100088605  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 加藤 公延  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100123434  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 田澤 英昭  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100101133  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 濱田 初音  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 020640  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1

## 【書類名】特許請求の範囲

## 【請求項 1】

加工液を用いて被加工物を放電加工する放電加工機の加工条件最適化方法において、放電加工時における一定時間内の平均的な放電電圧を検出する放電電圧検出工程と、新品加工液を用いた放電電圧、新品加工液の体積抵抗率および放電電流の関係から、上記放電電圧検出工程により検出された放電電圧がその新品加工液を用いた放電電圧と同じになるための放電電流を求める放電電流演算工程と、

最適の加工条件となる放電電流、放電時間、休止時間およびサーボ基準電圧の関係から、上記放電電流演算工程により求められた放電電流に応じた放電時間、休止時間およびサーボ基準電圧を求める最適加工条件演算工程とを備えたことを特徴とする放電加工機の加工条件最適化方法。

## 【請求項 2】

最適加工条件演算工程は、

以下の関係式から最適の加工条件を求めることを特徴とする請求項 1 記載の放電加工機の加工条件最適化方法。

$$ON = A * I_p - B$$

$$OFF = C * EXP(D * ON)$$

$$SV = E * ON^F$$

但し、ON は放電時間、OFF は休止時間、SV はサーボ基準電圧、 $I_p$  は放電電流、A ~ F は係数でその適用範囲は、 $A = 7 \sim 10$ 、 $B = 1.0 \sim 3.5$ 、 $C = 25 \sim 35$ 、 $D = 0.01 \sim 0.02$ 、 $E = 200 \sim 250$ 、 $F = 0.2 \sim 0.4$ 、 $^$  は累乗を示す。

## 【書類名】明細書

## 【発明の名称】放電加工機の加工条件最適化方法

## 【技術分野】

## 【0001】

この発明は、被加工物（加工対象物）と加工電極とを微少な加工間隙を介して対向させ、被加工物と加工電極との間隙にパルス状電圧を印加して加工を行う放電加工機に関するものであり、特に、加工条件を加工液物性の変化に従い自動的に最適化する放電加工機の加工条件最適化方法に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

一般に、放電加工では加工による金属屑、水、カルボン酸の発生等により加工液が劣化して加工液の体積抵抗率が低下する。この体積抵抗率の低下により異常放電してアーク電流が流れるようになると、加工速度が低下したり被加工物の加工表面が変質するという課題がある。

従来の放電加工方法としては、異常放電を回避するために、加工間隙の電圧をモニタリングして、基準値から外れるとサーボコントロールによって、正常放電が可能となるような加工間距離となるサーボ基準値を与えるものがある（例えば、特許文献1参照）。

## 【0003】

【特許文献1】特開平6-262435号公報（第2頁～第4頁、図1、図5）

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

従来の放電加工方法は以上のように構成されているので、異常放電の回避は可能になるが、放電時間、休止時間等の加工条件の最適化はなされておらず、十分な加工特性を得ることはできない。一般に、放電加工機では少なくとも加工速度、低電極消耗、ワーク面質の3つの加工特性を満たすことが必要であり、従来例では、主に異常放電によるワーク面質の悪化を回避する放電加工方法であり、他の加工特性（加工速度、低電極消耗）は十分ではないなどの課題があった。

## 【0005】

この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、加工液の種類や劣化度に関係なく、異常放電によるワーク面質の悪化を回避するのみならず、加工速度および低電極消耗も満たす放電加工機の加工条件最適化方法を得ることを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

この発明に係る放電加工機の加工条件最適化方法は、放電加工時における一定時間内の平均的な放電電圧を検出し、新品加工液を用いた放電電圧、新品加工液の体積抵抗率および放電電流の関係から、その検出された放電電圧が新品加工液を用いた放電電圧と同じになるための放電電流を求め、最適の加工条件となる放電電流、放電時間、休止時間およびサーボ基準電圧の関係から、求められた放電電流に応じた放電時間、休止時間およびサーボ基準電圧を求めるようにしたものである。

## 【発明の効果】

## 【0007】

この発明によれば、加工液の物性に応じた放電時間、休止時間およびサーボ基準電圧の最適の加工条件を求めることができ、その最適な加工条件で加工することにより、加工液の種類や劣化度に関係なく、異常放電によるワーク面質の悪化を回避するのみならず、加工速度および低電極消耗も満たす常に最高の加工特性を得ることができる効果がある。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0008】

## 実施の形態1.

図1はこの発明の実施の形態1による放電加工機を示す構成図であり、図において、加

工槽 1 内には、i-パラフィン系炭化水素等の加工液 2 が満たされ、その中にワーク（被加工物）3 が配置されている。サーボ 4 の先端には、加工用電極 5 が設けられ、サーボコントロール部 6 から発生されるサーボ基準電圧により、加工用電極 5 およびワーク 3 間の間隙が制御され、加工用電極 5 に電圧を印加することにより、加工用電極 5 から加工液 2 を介してワーク 3 に放電が発生しワーク 3 を加工する構成となっている。

放電電圧検出部 7 は、その放電電圧を検出すると共に、一定時間内の平均放電電圧を求める。最適加工条件計算部 8 は、平均放電電圧、体積抵抗率、放電電流および加工間隙の関係式から、放電電圧検出部 7 で検出された平均放電電圧が新品加工液を用いた平均放電電圧と同じになるための放電電流を求め、加工条件データベース記憶部 9 に記憶された最適の加工条件となる放電電流、放電時間、休止時間およびサーボ基準電圧の関係式から、求められた放電電流に応じた放電時間、休止時間およびサーボ基準電圧を求め、加工時にはサーボコントロール部 6 を通じてその最適の加工条件でサーボ 4 および加工用電極 5 を制御するものである。

#### 【0009】

次に動作について説明する。

この実施の形態 1 で用いられる加工液は、放電加工機、特に形彫放電加工機で使用されるものである。形彫放電加工液に要求される性能として以下の 7 点が挙げられる。

- (1) 粘度が低く、加工屑やタール等を放電ギャップ外に放出しやすいこと
- (2) 絶縁性に優れること
- (3) 冷却性に優れること
- (4) 臭気が低く作業者に対して不快を与えないこと
- (5) 火点、沸点が高いこと
- (6) 化学的に安定であり、有害なガスを出さないこと
- (7) 加工機、ワークを腐食しないこと

これらの性能を考慮し、低粘度の炭化水素系化合物あるいは低粘度の炭化水素系化合物に酸化防止剤や冷却特性向上剤等を添加した加工液が一般に使用されている。加工液は、放電エネルギーにより熱劣化や酸化劣化し、分解物、重合物、脂肪酸、脂肪酸金属塩等を生成するため、使用時間に応じて物性が変化する。

加工条件は、新品の加工液の体積抵抗率、粘度等の物性を考慮して設定することが一般的であることから、加工液が劣化して体積抵抗率が低下すると絶縁が十分に回復しないため、集中放電してワークにシミ（黒い点）等が発生し、加工特性が低下して初期の加工特性が得られなくなる。従って、加工液の種類や劣化度に関係なく十分な加工特性を得ることが重要となる。

#### 【0010】

図 2 は荒加工速度と体積抵抗率との関係を示す特性図、図 3 は仕上げ面粗さと体積抵抗率との関係を示す特性図であり、この発明の発明者らが形彫放電加工液の新品と劣化品とに関して加工液物性と加工特性（加工速度と加工後のワークの仕上げ面粗さ）を詳しく分析・評価した結果である。

図 2 に示したように、加工液の劣化に伴い、体積抵抗率が低下するが、逆に荒加工速度が向上しているのが分かる。例えば、体積抵抗率が  $1. \times 10^{14}$  から  $1. \times 10^{13}$  に低下すると、荒加工速度は約 1.6 倍増加している。これは、加工液は、放電エネルギーにより熱劣化や酸化劣化し、分解物、重合物、脂肪酸、脂肪酸金属塩等や加工屑（金属粉）を生成するため体積抵抗率が低下するものと考えられ、この時、放電加工から見ると通電性が向上したことにより、絶縁破壊までの時間が短くなり、その結果、加工速度が向上したものと考えられる。

また、図 3 に示したように、体積抵抗率が低くなると仕上げ面粗さは悪くなるのが分かる。これは、加工液が劣化して体積抵抗率が低下すると絶縁が十分に回復しないため集中放電し、ワークにシミ（黒い点）等が発生するため、加工面質は低下し、面粗さが低下したものと考えられる。

このように、加工液の種類や加工液の劣化度により加工液の体積抵抗率が異なるため、

同一条件で加工しても、加工液の体積抵抗率が異なれば同じ加工特性が得られないため、要求する加工特性を得るには加工液の体積抵抗率に応じて加工条件を変更する必要がある。例えば、体積抵抗率が低下した劣化加工液では新品加工液と比較して絶縁回復が遅いため、集中放電が発生する。よって、新品加工液と同等の加工特性を得るには、その時の加工液の体積抵抗率に対応した最適加工条件で加工することが必要になる。

#### 【0011】

図4はこの発明の実施の形態1による放電加工機の加工条件最適化方法を示すフローチャート、図5は正常放電時と異常放電時との電圧波形を示す波形図である。

以下、図1、図4、図5を参照しながら放電加工機の加工条件最適化方法について説明する。

先ず、最適加工条件計算部8では、加工槽1内で用いられる加工液2が新品加工液ならば、その新品加工液に応じた加工条件を設定し、前回使用された加工液ならば、その前回使用時の最新の加工条件を設定する（ステップST1）。ここで、加工条件とは、放電時間、休止時間およびサーボ基準電圧であり、各加工条件は、加工条件データベース記憶部9に記憶されたものを読み出すことにより得られる。

図5(a)に示すように、サーボコントロール部6では、設定されたサーボ基準電圧SVをサーボ4に発生することにより、加工用電極5およびワーク3間の間隙を制御すると共に、加工用電極5に無負荷電圧Vgを印加することにより、無負荷放電時間Td後に加工用電極5およびワーク3間における加工液2を絶縁破壊して放電させる。サーボコントロール部6では、設定された放電時間ONだけ放電電圧egおよび放電電流Ipを発生し、この放電電流Ipによりワーク3を溶解し加工する。加工と共にワーク3の加工屑が発生するが、加工中における加工液2の気化・爆発によりその加工屑を吹き飛ばす。その結果、加工液2の絶縁が低下するが、サーボコントロール部6では、設定された休止時間OFFだけ電圧の発生を休止することにより、加工液2の絶縁を回復させ、その後、再び加工用電極5に無負荷電圧Vgを印加する。

#### 【0012】

放電電圧検出部7では、この加工時における放電電圧egを検出すると共に、一定時間内の平均放電電圧egavを求める（ステップST2：放電電圧検出工程）。

この種の形彫放電加工機では、放電電流Ipが一定になるように回路設計されているので、図5(b)の異常放電時の電圧波形に示すように、加工液2が劣化して異常放電が発生するような状態では、加工液2の体積抵抗率Rが低下しているため、次式(1)に示す関係式から分かるように平均放電電圧egavは低下する。

$$egav [V/cm] = R * Ip / (\text{加工間隙}) \quad (1)$$

最適加工条件計算部8では、上記式(1)に示した関係式から、放電電圧検出部7で検出された平均放電電圧egavが新品加工液を用いた平均放電電圧と同じになるための放電電流Ipを求める（ステップST3：放電電流演算工程）。これは、例えば、加工条件データベース記憶部9に、新品加工液を用いた平均放電電圧と放電電流とを記憶しておき、加工液2の劣化により放電電圧検出部7で検出された平均放電電圧egavが新品加工液を用いた平均放電電圧に対して3/4倍になれば、新品加工液を用いた平均放電電圧と同じになるための放電電流Ipは、新品加工液を用いた放電電流に対して4/3倍となることから求めることができる。なお、放電電流Ipについては一定になるように回路設計されているので、平均放電電圧egavと共に放電電流Ipを検出して、その検出した放電電流Ipに対して4/3倍としても良い。

#### 【0013】

最適加工条件計算部8では、ステップST3で求められた放電電流Ipと、鋭意研究により導き出した次式(2)～(4)に示した関係式とから最適の加工条件を求める（ステップST4：最適加工条件演算工程）。

$$ON = A * Ip - B$$

$$(A, B \text{ は係数で、} A = 7 \sim 10, B = 1.0 \sim 3.5) \quad (2)$$

$$OFF = C * EXP(D * ON)$$

$$(C, D \text{ は係数で、} C=25 \sim 35, D=0.01 \sim 0.02) \quad (3)$$
$$SV = E * ON^F$$

$$(E, F \text{ は係数で、} E=200 \sim 250, F=0.2 \sim 0.4) \quad (4)$$

但し、ONは放電時間、OFFは休止時間、SVはサーボ基準電圧、I<sub>p</sub>は放電電流、<sup>^</sup>は累乗を示す。

上記式(2)～(4)に示した関係式は、加工条件データベース記憶部9に記憶されており、最適加工条件計算部8では、放電電流I<sub>p</sub>が決定されれば、最適な放電時間ON、休止時間OFFおよびサーボ基準電圧SVを求めることができる。

その後、加工時にはサーボコントロール部6を通じてその最適の加工条件でサーボ4および加工用電極5を制御し、3つの加工特性、すなわち、加工速度、低電極消耗、ワーク面質を満たしているか検査し、3つの加工特性のうちのいずれかが満たされていない場合、最適加工条件設定に不備があったとして、ステップST2に戻り、加工条件の最適化をもう一度やりなおす。3つの加工特性が全て満たされている場合、加工条件の最適化を終了する(ステップST5)。

なお、演算された加工条件を加工条件データベース記憶部9に逐次上書きして記憶するものとし、次回に継続して同一の加工液を使用する場合のために、最新の加工条件を記憶しておくようにする。

#### 【0014】

以上のように、この実施の形態1によれば、一定時間内の平均的な放電電圧e<sub>gav</sub>を検出し、新品加工液の放電電圧e<sub>gav</sub>と同じになる放電電流I<sub>p</sub>を演算し、求めた放電電流I<sub>p</sub>と加工条件データベース記憶部9に記憶された関係式とより、加工液2の物性に応じた最適な加工条件を算出し、その最適な加工条件での加工を可能にしたので、加工液の種類や劣化度に関係なく、加工速度、低電極消耗、ワーク面質を満たす常に最高の加工特性を得ることができる。

また、放電加工中に図4に示した加工条件の最適化を所定時間間隔毎に逐次行えば、加工液物性が時々刻々と変化しても、常に最高の加工特性を得ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0015】

【図1】この発明の実施の形態1による放電加工機を示す構成図である。

【図2】荒加工速度と体積抵抗率との関係を示す特性図である。

【図3】仕上げ面粗さと体積抵抗率との関係を示す特性図である。

【図4】この発明の実施の形態1による放電加工機の加工条件最適化方法を示すフローチャートである。

【図5】正常放電時と異常放電時との電圧波形を示す波形図である。

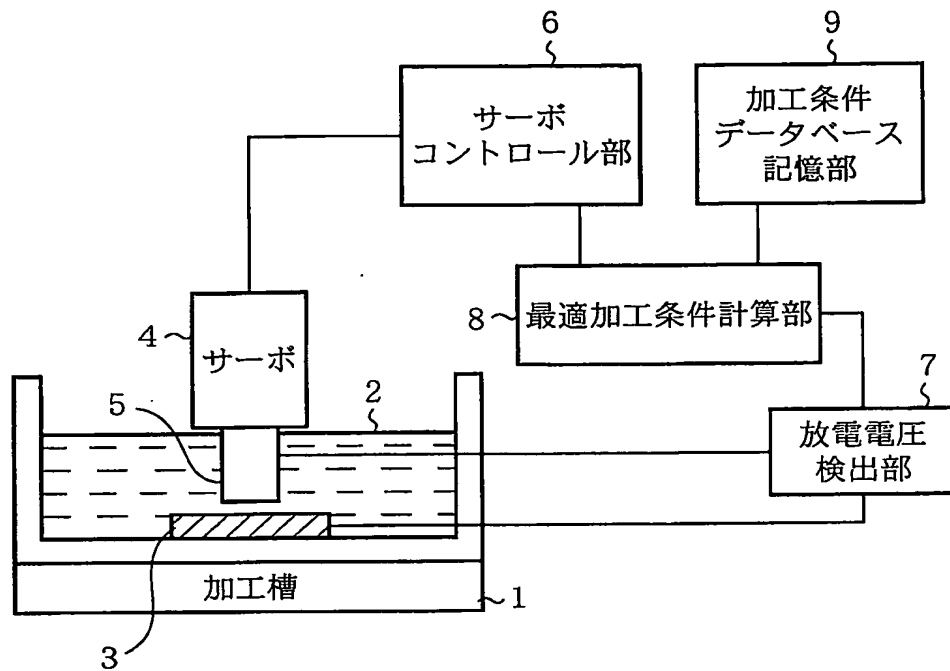
#### 【符号の説明】

#### 【0016】

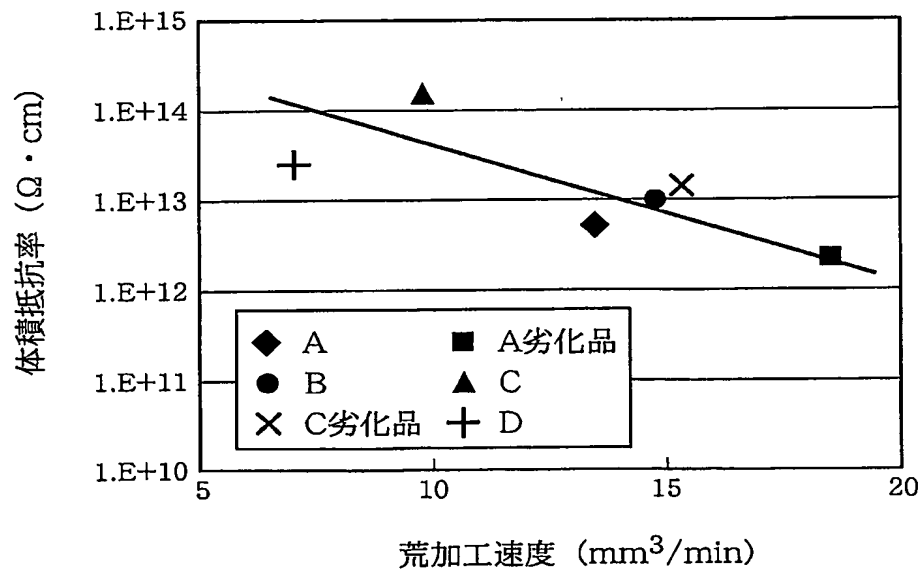
1 加工槽、2 加工液、3 ワーク(被加工物)、4 サーボ、5 加工用電極、6 サーボコントロール部、7 放電電圧検出部、8 最適加工条件計算部、9 加工条件データベース記憶部。



【書類名】 図面  
【図 1】



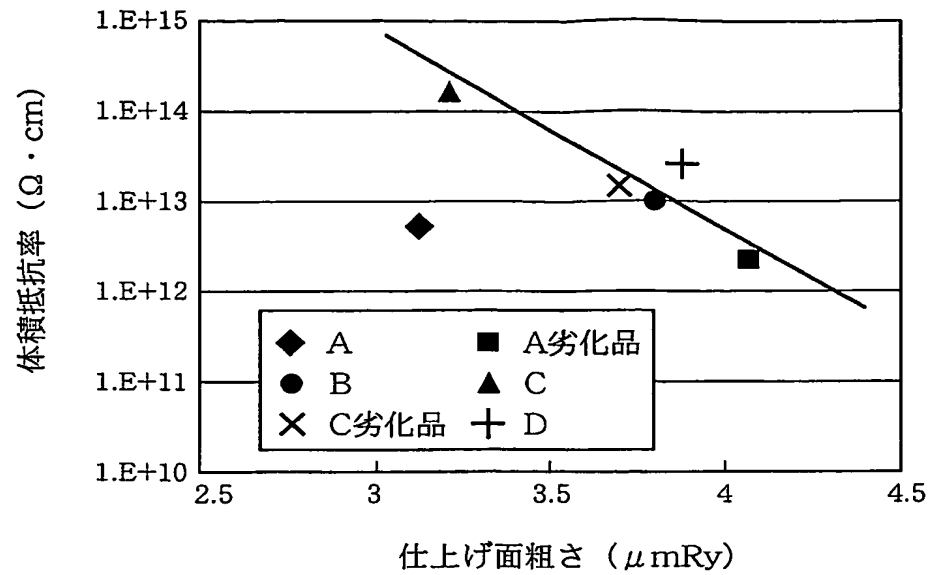
【図 2】



A : 新品  
A劣化品 : 3年使用

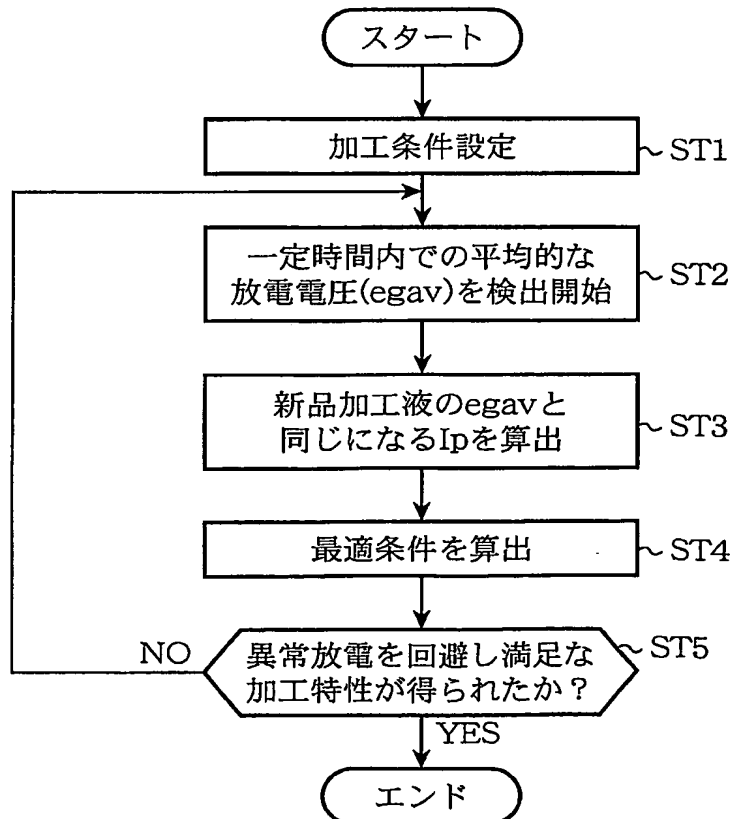
C : 新品  
C劣化品 : 1年使用

【図 3】



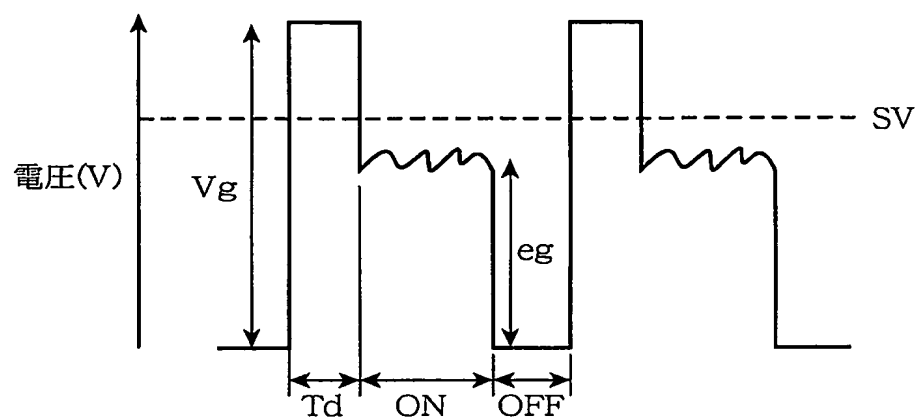
A : 新品      C : 新品  
A劣化品 : 3年使用      C劣化品 : 1年使用

【図 4】

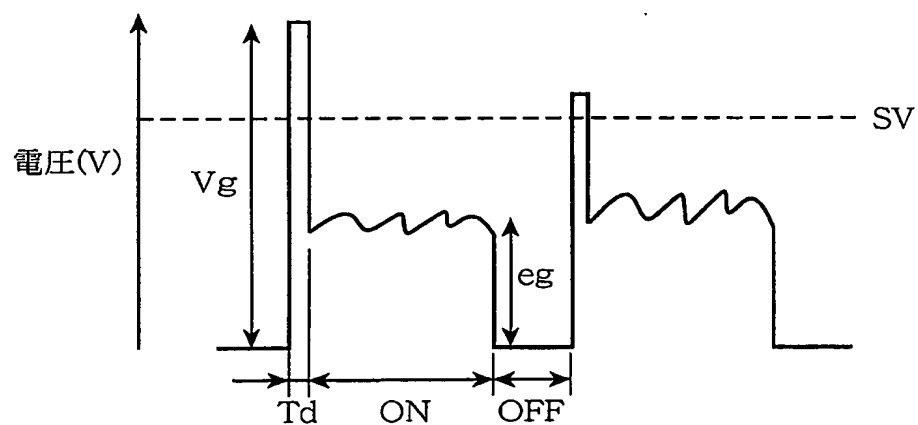


【図 5】

(a) 正常放電時



(b) 異常放電時



$V_g$	: 無負荷電圧	OFF	: 休止時間
ON	: 放電時間	eg	: 放電電圧
$T_d$	: 無負荷放電時間	SV	: サーボ基準電圧

**【書類名】 要約書****【要約】**

**【課題】** 加工液の種類や劣化度に関係なく、加工速度、低電極消耗およびワーク面質の加工特性を満たす放電加工機の加工条件最適化方法を得る。

**【解決手段】** 放電電圧検出部 7 では、放電電圧を検出すると共に一定時間内での平均放電電圧を求める。最適加工条件計算部 8 では、平均放電電圧、体積抵抗率、放電電流および加工間隙の関係式から、放電電圧検出部 7 で検出された平均放電電圧が新品加工液を用いた平均放電電圧と同じになるための放電電流を求め、加工条件データベース記憶部 9 に記憶された最適の加工条件となる放電電流、放電時間、休止時間およびサーボ基準電圧の関係式から、求められた放電電流に応じた放電時間、休止時間およびサーボ基準電圧を求め、加工時にはサーボコントロール部 6 を通じてその最適の加工条件でサーボ 4 および加工用電極 5 を制御する。

**【選択図】** 図 1

特願 2 0 0 4 - 0 1 7 2 2 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 6 0 1 3 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 4 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号

氏 名

三菱電機株式会社